

University of Groningen

Tensile behaviour of polyethylene and poly(p-xylylene) fibres

van der Werff, Harm

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1991

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

van der Werff, H. (1991). *Tensile behaviour of polyethylene and poly(p-xylylene) fibres*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

**TENSILE BEHAVIOUR
OF
POLYETHYLENE
AND
POLY(P-XYLYLENE)
FIBRES**

**Cover photograph : Scanning electron micrograph of plastic deformation zones in
a strained as-polymerized poly(p-xylylene) film.**

RIJKUNIVERSITEIT GRONINGEN

**TENSILE BEHAVIOUR
OF
POLYETHYLENE
AND
POLY(P-XYLYLENE)
FIBRES**

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van het doctoraat in de
Wiskunde en Natuurwetenschappen
aan de Rijksuniversiteit Groningen
op gezag van de
Rector Magnificus Dr. L.J. Engels
in het openbaar te verdedigen op
vrijdag 26 april 1991
des namiddags te 2.45 uur precies

door

Harm van der Werff

geboren op 29 mei 1963
te Emmen

PROMOTOR : PROF. DR. A.J. PENNINGS

aan mijn ouders
aan Lucienne

DANKWOORD

Op deze plaats wil ik al diegenen, die op enigerlei wijze behulpzaam zijn geweest bij de totstandkoming van dit proefschrift, van harte bedanken. Enkele personen, die in het bijzonder een bijdrage hebben geleverd, wil ik hier echter nog vermelden.

Mijn promotor prof. dr. A.J. Pennings ben ik zeer erkentelijk voor de mogelijkheid die hij mij gegeven heeft om onder zijn toezicht te promoveren. Zijn inzicht en kennis, gecombineerd met een zeer directe en enthousiaste manier van werken, hebben mijn promotieperiode tot een uiterst waardevolle leerperiode gemaakt, zowel op wetenschappelijk als persoonlijk gebied.

De leden van mijn promotiecommissie, prof. dr. G. Challa, prof. dr. G. Hadziioannou en prof. dr. J.T.M. de Hosson ben ik zeer dankbaar voor hun kritische en snelle beoordeling van het manuscript van dit proefschrift.

Dr. Gert Oostergetel ben ik buitengewoon dankbaar voor zijn grote inzet en bereidwilligheid om zijn uniek elektronenmicroscopisch vakmanschap toe te passen op de PPX vezel. De schitterende resultaten van dat onderzoek hebben de totstandkoming van hoofdstuk vijf mogelijk gemaakt. Prof. dr. E.F.J. van Bruggen ben ik erkentelijk voor zijn interesse en voor het feit dat dat onderzoek in zijn werkgroep heeft kunnen plaatsvinden.

Dr. P.T. van Duijnen ben ik erkentelijk voor zijn medewerking aan hoofdstuk 2 en de discussies over ketenbreuk.

Dr. Gerrit ten Brinke wil ik bedanken voor de vele wetenschappelijke adviezen en uiteenzettingen.

Dick Dijkstra en Adri Postema wil ik vooral bedanken voor de plezierige wijze waarop zij mij, als nieuwkomer, wegwijs hebben gemaakt in de manier van werken in de werkgroep. Hans van Vliet ben ik dankbaar voor het feit dat hij jarenlang een zeer plezierige en vriendschappelijke kamergenoot is geweest. De soms heftige gesprekken in onze tweepersoons discussiegroep waren een grote hulp bij de dagelijkse gang van zaken.

Jan Paul Penning wil ik bedanken voor zijn inzet tijdens zijn hoofdvakonderzoek. De discussies met hem en Mees Roukema over vooral de praktische aspecten van het "vezelvak" zijn voor mij erg leerzaam geweest. Peter Bruin en Atze Nijenhuis bedank ik voor hun adviezen en aandacht tijdens mijn niets ontziende pogingen tot synthese. Ook Johan Ausema wil ik bedanken voor zijn synthetisch werk.

Zoals voor zoveel promovendi, is de nimmer aflatende ijver van Harry Nijland bij

het maken en afdrucken van EM-foto's, figuren en dia's, ook voor mij van onmisbaar belang geweest, waarvoor ik hem zeer dankbaar ben. Adams Verwey wil ik bedanken voor het geestdriftig regelen van allerlei zaken.

De AKZO wil ik gaarne bedanken voor de bijdrage aan dit onderzoek en de totstandkoming van dit proefschrift. De contacten met dr. ir. J. Juijn en dr. ir. J. Smook gedurende mijn promotieperiode heb ik als uiterst plezierig en stimulerend ervaren, en ik wil hen daarvoor en voor hun interesse graag bedanken. Jan Veurink ben is zeer erkentelijk voor zijn begeleiding van het lichtmicroscopisch werk.

Dr. ir. Bert Kip van DSM Research wil ik bedanken voor de bereidwilligheid Raman metingen te verrichten aan de PPX vezels en voor de interessante discussies.

De mensen van de werkplaats, analyse-afdeling en de glasblazerij wil ik bedanken, in het bijzonder Anne Appeldoorn voor het snel en doordacht oplossen van allerlei plotselinge problemen en Harm Draaijer voor zijn geduld met het wegen van de PPX vezels.

Gert Alberda en Joop Vorenkamp wil ik bedanken voor het verstrekken van allerlei informatie en hun deskundige assistentie bij het gebruik van allerlei apparaten.

Mijn ouders ben ik uitzonderlijk dankbaar voor hun onvermoeibare steun en voorbeeldige inzet om hun kinderen een zo goed mogelijke opleiding te laten genieten.

Tenslotte wil ik Lucienne bedanken en mijn diepe bewondering uiten voor al haar begrip en ondersteuning die ze, ondanks haar eigen werkzaamheden, in vooral de moeilijkere tijden voor mij op kon brengen.

This study was supported by the Netherlands Foundation for Chemical Research (SON) with financial aid from the Netherlands Organization for Scientific Research (NWO) and AKZO, The Netherlands.

CONTENTS

Chapter 1 : Introduction	1
1.1 Strength of materials	1
1.2 Defects in polymeric solids	2
1.3 Survey of this thesis	7
1.4 References	8
 Chapter 2 : Deformation Energetics of Chain Defects of Polyethylene	 11
2.1 Summary	11
2.2 Introduction	11
2.3 Computational details	13
2.4 Results	17
2.5 Discussion	23
2.6 Conclusions	26
2.7 References	26
 Chapter 3 : Tensile Deformation of High Strength and High Modulus Polyethylene Fibres	 29
3.1 Summary	29
3.2 Introduction	29
3.3 Experimental	30
3.4 Results and discussion	31
3.5 Conclusions	61
3.6 References	62
 Chapter 4 : High Strength and High Modulus Fibres of Poly(p-xylylene)	 65
4.1 Summary	65
4.2 Introduction	65
4.3 Experimental	71
4.4 Results and discussion	73
4.5 Conclusions	90
4.6 References	90

Chapter 5 : High Resolution and Dark Field Electron Microscopy of High Strength and High Modulus Fibres of Poly(p-xylylene)	93
5.1 Summary	93
5.2 Introduction	93
5.3 Experimental	94
5.4 Results and discussion	95
5.5 Conclusions	105
5.6 References	106
 Chapter 6 : Creep Resistance and High Temperature Strength of High Strength and High Modulus Poly(p-xylylene) Fibres	 108
6.1 Summary	108
6.2 Introduction	108
6.3 Experimental	109
6.4 Results and discussion	109
6.5 Conclusions	115
6.6 References	115
 Appendix : Raman Spectroscopy of Poly(p-xylylene) Fibres	 117
 Summary	 120
 Samenvatting	 123